

## MERCADO ELECTRÓNICO INTELIGENTE DE RESIDUOS RECICLABLES

***Emilio Hernández<sup>(p)(1)</sup>, Alvaro Rocabayera<sup>(2)</sup>, José Manuel Soler<sup>(2)</sup>.***

*(1) Dpto. Proyectos Ingeniería ETSEIB*

*(2) Management System Solutions*

### SUMMARY

This project intends to create an intelligent electronic market of recyclable wastes in which by a side they appear the suppliers, generators of wastes and by the other, the demanders, those that would buy the product, in such a way that the system manages of automatic form the relation among them.

It consists of a project of technological demonstration in where the supplied waste would be of a determined type, purines from farms, and the demanders would be the farmers who by the characteristics of their grounds could use purines like fertilizer for their fields. The different types from purines as well as the different types from grounds and cultures to which they go destined will define what purines can absorb the earth of a farmer and in which amounts and during how long. All of it transparent and automatic for the farmer.

### RESUMEN

Este proyecto tiene por objeto crear un mercado electrónico inteligente de residuos reciclables en el que por un lado aparecen los ofertantes, generadores de residuos y por el otro, los demandantes, aquellos que comprarían el producto, de tal manera que el sistema gestione de forma automática la relación entre ellos.

Consiste en un proyecto de demostración tecnológica en donde los residuos ofertados serían de un tipo determinado, purines, y los demandantes serían los agricultores que por las características de sus suelos pudieran utilizar los purines como fertilizante para sus campos. Los diferentes tipos de purines así como los diferentes tipos de suelos y cultivos a los que vayan destinados definirán qué purines puede absorber las tierras de un agricultor y en que cantidades y durante cuánto tiempo. Todo ello de manera transparente y automática para el agricultor.

Un completo portal de noticias sobre temas relacionados con los residuos del sector ganadero y agrario completará el embrión del mercado electrónico inteligente de residuos.

La inclusión de diferentes tipos de residuos en una fase posterior permitiría la implantación definitiva del sistema actuando como una herramienta para minimizar el impacto de los residuos en el medio ambiente.

## 1. INTRODUCCION

El proyecto consiste en la creación de un mercado electrónico inteligente para gestionar eficientemente los enormes volúmenes de deyecciones que posee el sector ganadero, los cuales serán los ofertantes de este tipo de productos. El sector agricultor, podría ser un posible demandante de este tipo de productos. Tanto ofertantes como demandantes de estos productos serán los principales usuarios de este mercado electrónico.

Un mercado electrónico, no es más que un punto de encuentro en un sistema telemático, donde los ofertantes de un determinado producto, en este caso purines, y los demandantes de los mismos logran ese encuentro de necesidades. Como no, el sistema telemático más popular hoy en día es Internet.

Por tanto un mercado electrónico consiste en una aplicación Web empresarial (AWE) la cual es accesible a través de Internet. Esta AWE se encargará de gestionar los diferentes usuarios (ofertantes, demandantes), así como los productos que dichos usuarios introduzcan en el sistema.

Los usuarios podrán visualizar el catálogo y seleccionar aquellos productos que le parezcan interesantes respecto al los productos que hayan introducido. Por ejemplo, si ha introducido purines podría seleccionar tierras que admitieran este tipo de producto como fertilizante o al revés, alguien que haya introducido tierras se muestre interesado en purines que le sean útiles.

El sistema también será capaz de relacionar productos de forma automática para los usuarios. De esta manera los usuarios dispondrán de posibles productos de su interés sin necesidad de ojear el catálogo en busca de productos interesantes. Esta función será útil sobretodo para personas que realmente no sabrían cuales productos son lo que verdaderamente necesitan y son interesantes para sus productos.

El término inteligente que se le ha dotado al mercado electrónico que aquí se presenta es debido a esta capacidad de asociar productos de diferente tipo. El sistema encargado de relacionar unos productos con otros no es más ni menos que un Sistema Experto (SE), tal y como se le conoce en el ámbito de la Inteligencia Artificial.

Los sistemas expertos son sistemas basados en el conocimiento que pretenden solucionar problemas muy especializados y complejos de un dominio muy concreto, donde suelen ser expertos con experiencia los que los resuelven. Se decidió construir un pequeño SE porque son adecuados en dominios poco estructurados y son eficaces en tareas de diagnostico y clasificación.

En cualquier momento, un usuario podrá visualizar cuales de sus productos son interesantes para otro usuario del sistema. De esta manera podrá visualizar para cada producto que ha insertado, la información para contactar con los usuarios que han mostrado interés por dicho producto, o con la información de los propietarios de un producto que el sistema automáticamente a relacionado con el suyo.

## 2. APLICACION WEB EMPRESARIAL

### 2.1. Caso Concreto

Este proyecto se basará en la información obtenida en un proyecto final de carrera [Yáñez y Cortina, 2001], que trataba de la gestión de las deyecciones ganaderas en la mancomunidad del Somontano de Barbastro. En él se pretende dar unas guías de actuación para hallar solución al problema de la gestión de los estiércoles y purines, haciendo especial énfasis en los purines, por ser aplicados o usados frecuentemente de manera incorrecta.

La AWE diseñada está inspirada en este proyecto, e intenta dar una posible solución a la problemática que se encuentran los actores de los que se basa el estudio. En este caso lograr que un agricultor encuentre abonos orgánicos, pero abonos que sean aceptados correctamente por sus tierras, no todos los son. Y por el ganadero que encuentra alguien que puede aprovechar los purines que él acumula y que les consiga una salida viable y no contaminante.

Además para el agricultor esta herramienta le puede ser útil para llevar el control de abonos de sus tierras, ya que el sistema calcula la cantidad de abono necesario y le muestra una tabla con una pequeña planificación de abonado, según la composición de la tierra, el cultivo plantado en dicha tierra y la extensión del cultivo.

El sistema también permite la consulta de las noticias que se publiquen en el mercado electrónico y que serán introducidas por los administradores del mismo.

### 2.2. Arquitectura del Sistema

El sistema está basado en una arquitectura en capas clásica de los modelos de arquitectura software empresariales. Concretamente en cuatro capas que corresponden con las mostradas en la figura 1.

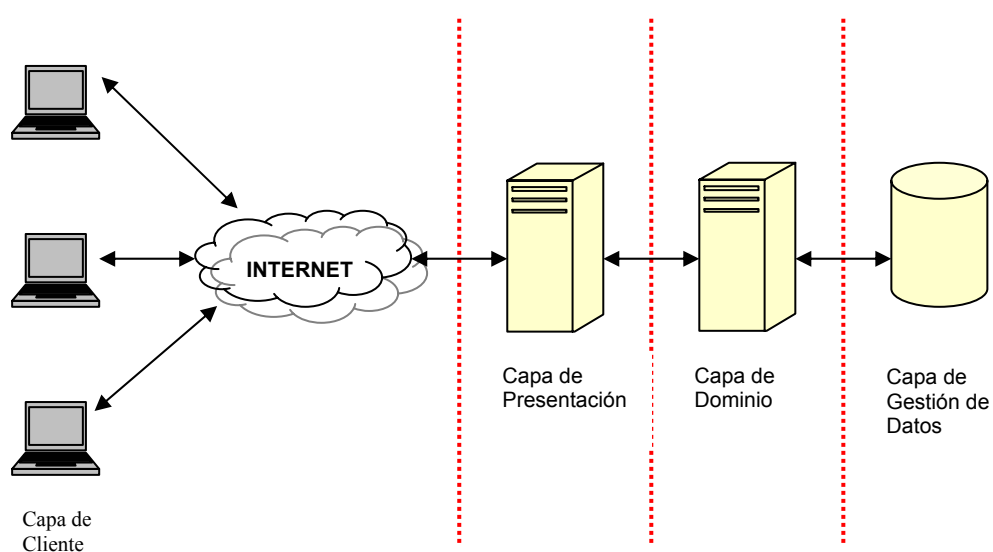


Figura 1. Arquitectura aplicación web empresarial

Este tipo de arquitecturas pretende separar la responsabilidad de cada servicio en diferentes capas. Permitiendo que estos sistemas sean mucho mejor escalables y con mejor disponibilidad ya que se puede replicar el número de máquinas disponibles en cada capa sin tener que modificar el software de la aplicación web, ni el resto de capas del sistema.

#### 2.2.1. Capa gestión de datos

La capa de gestión de datos es la encargada de almacenar y de servir la información que se vaya generando en la AWE. En esta capa se ha diseñado el esquema de base de datos que será el encargado de recoger toda la información necesaria para el sistema.

#### 2.2.2. Capa de dominio

En la capa de dominio es donde se desplegará la aplicación software encargada de satisfacer todas las funcionalidades comentadas anteriormente. Para ello se ha diseñado siguiendo el patrón de construcción de software conocido como MVC (Modelo-Vista- Controlador). En la parte del modelo en donde se ha diseñado la lógica propia del dominio. Aquí están definidas las funcionalidades que el sistema ofrece al usuario. Uno de los componentes del Modelo es el SE que se verá en un apartado posterior. En la parte del controlador este será el encargado de gestionar el orden de las vistas que deberán aparecer al usuario, y por último en la parte de la vista es donde están diseñadas las vistas que acabará viendo el usuario.

#### 2.2.3. Capa de presentación

En la siguiente capa, la capa de presentación es la encargada de servir el resultado que generó la capa de dominio a los clientes que estén trabajando con el sistema. El resultado final será una página en formato HTML, concretamente en la versión 4.0.1.

#### 2.2.4. Capa de cliente

Por último en la capa de cliente es donde se mostrará la vista del sistema. Para ello será necesario un navegador web que acepte el formato HTML en la versión antes mencionada. Sobre esta capa se ejecutaran pequeños procedimientos JavaScript para controlar y validar parte de los formularios que se utilizan para insertar información el sistema, de esta manera se evita mandar información no correcta al sistema.

### 2.3. Software Utilizado

Para construir el sistema presentado se ha necesitado una serie de software concreto para cada una de las capas.

#### 2.3.1. Software para la capa de gestión de datos

Para esta capa se ha utilizado un software de gestión de bases de datos relacional de la empresa IBM, este software se llama IBM DB2 en su versión 8.1

### 2.3.2. Software para la capa de dominio

En la capa de dominio se ha utilizado un servidor de aplicaciones donde estarán ubicados los Enterprise Java Beans que son los objetos distribuidos que contienen la gestión del dominio de la aplicación. También están ubicados los Servlets y las páginas JSP que son los que controlan la presentación de la aplicación. Por tanto es donde estará ubicada la aplicación software creada en este proyecto. El servidor de aplicaciones utilizado es el de la empresa IBM y este software se llama WebSphere Application Server en su versión 5.0

### 2.3.3. Software para la capa de presentación

En esta capa se ha utilizado un software encargado de servir finalmente las páginas HTML que verán los usuarios finales. Para este servicio, el encargado es el conocido Apache http Server en su versión 1.3

El software que se ha presentado en estos apartados es el que se ha usado finalmente, pero no quiere decir que la AWE diseñada en este proyecto vaya exclusivamente bajo este software, ya que la AWE está diseñada bajo las especificaciones J2EE 1.3. Esto quiere decir que la AWE diseñada en este proyecto puede ser ejecutada bajo cualquier software que cumpla estas especificaciones.

## 3. SISTEMA EXPERTO

### 3.1. Caso Concreto

El SE que se ha diseñado está integrado en el sistema mostrado en el apartado interior. Para la construcción del mismo se ha seguido la siguiente metodología representada en la figura 2.

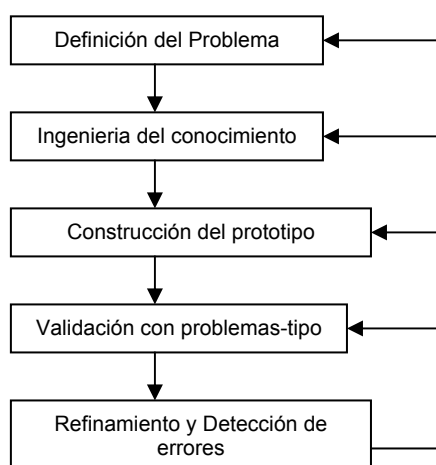


Figura 2. Fases de la construcción del SE

#### 3.1.1. Definición del problema

El problema estaba planteado [Yáñez y Cortina, 2001], pero también se encontraba el estudio de una posible solución, la cual consistía en relacionar una cantidad determinada purín a una extensión de tierra con su cultivo correspondiente, para

utilizarlo como abono. En el estudio se muestra como a partir de una cabaña animal determinada se puede lograr calcular una aproximación de cuantas cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio son capaces de generar a partir de sus deyecciones en un espacio determinado de tiempo. Estos componentes químicos son los fundamentales para poder relacionarlo con la extensión de tierra y el cultivo plantado en ella, ya que esta esa cantidad de cultivo necesita de dichos componentes químicos en su abonado. Dependiendo del tipo de cultivo, del análisis que se obtenga de la tierra donde está cultivado, ya que la propia tierra dispone de esos componentes químicos, y de la forma en la que se realice finalmente el abonado, entre otros factores, se puede determinar que cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio son los necesarios para aquel caso concreto.

Finalmente el sistema deberá encontrar las cabañas de ganado disponibles en el sistema que generen las suficientes cantidades de deyecciones, que generen como mínimo el 75% de las necesidades de los componentes químicos antes mencionados en sus proporciones justas. Ajustando principalmente el Nitrógeno como componente químico principal.

### 3.1.2. Ingeniería del conocimiento

A partir de la documentación del estudio y de las diferentes entrevistas con los autores del mismo, con un conjunto de preguntas a plantear, se extrae el conocimiento sobre el dominio que se basará el SE. Esta información se estructurará en dos tipos de conocimiento:

- Hechos, relaciones y asociaciones del dominio que se plantea.
- Proceso de resolución del problema (Heurísticos y métodos de resolución)

### 3.1.3. Construcción del prototipo

Mediante un conjunto de reglas y hechos definidos en el dominio, extraídos en de la fase anterior, se consigue un sistema capaz, en un ámbito poco estructurado, determinar que tipo de purines son lo más idóneos para el abonado de un tipo concreto de cultivo.

### 3.1.4. Validación

A partir de una serie de casos ya estudiados, se puede comprobar si el sistema introduciendo los valores de los mismos, es capaz de clasificar y relacionar. En caso de que no sea así se analiza los valores que se han obtenido y se ajusta el sistema de manera que se aproxime más a los resultados esperados.

### 3.1.5. Refinamiento y detección de errores

Finalmente se analizan los errores del sistema en busca de conseguir mejorar el comportamiento global del sistema, así como mejorar el rendimiento del mismo.

## 3.2. Arquitectura del Sistema

Los componentes principales del SE son los siguientes:

### 3.2.1. Base de hechos

La base de hechos es un conjunto de atributos y características relevantes del dominio que se han extraído, así como la relación entre ellos, y que serán útiles para la correcta resolución del problema.

### 3.2.2. Base de Conocimiento

La base de conocimiento se estructura principalmente en reglas de inferencia. Las cuales serán ejecutadas en el motor de inferencia. Dichas reglas serán ejecutadas sobre la base de hechos, las cuales generarán nuevos hechos y características para acabar llegando a una resolución. No siempre se conseguirá un resultado positivo de relación.

### 3.2.3. Módulo de autoexplicación

Este módulo será el que genere la explicación de porque se ha relacionado un cultivo con un purín determinado. La explicación será un conjunto de frases simples en lenguaje natural.

### 3.2.4. Motor de inferencia

Por último aparece módulo del motor de inferencia que será el encargado de ejecutar las reglas a partir de la base de hechos. El motor de inferencia utilizado es un motor de inferencia hacia delante o *forward chaining*, llamados también motores deductivos.

## 3.3. Software Utilizado

Se utilizó el software CLIPS para la construcción del prototipo que se utilizó más tarde en la construcción definitiva del sistema. Se utilizó CLIPS porque disponía de un motor de inferencia hacia delante que era el que se quería usar, porque tenía un entorno gráfico austero pero de fácil aprendizaje donde construir las reglas necesarias y porque existía un software creado en Java que partía de él y sería este último el utilizado para la construcción de software final. Al ser un proyecto web pero realizado principalmente en lenguaje Java, había que encontrar un motor de inferencia hecho en Java. Una alternativa era construir en Java un motor de inferencia propio, pero esto hubiera alargado en exceso la duración del proyecto y seguramente no se podría haber conseguido algo que ya está más maduro y que se basaba en un software que se usa para construir SE desde 1985 como es CLIPS. El motor de inferencia en JAVA que se ha utilizado se llama JESS. Este software dispone de un motor de inferencia pequeño, ligero y rápido.

## 4. CONCLUSIONES

En términos generales, la meta es lograr comunicación entre personas que necesitan un producto pero no saben quien se lo puede proporcionar, ya sea por que no conoce a ninguna persona que se lo puede ofrecer o porque realmente no sabe que tipo concreto de producto necesita, con personas que disponen de dicho producto pero no saben a quien ofrecérselo.

El caso que nos ocupa este producto son las deyecciones de origen animal, concretamente purines. Este estudio trata de encontrar salida a estas deyecciones vía uso agrícola o vía tratamiento, es decir, hay que gestionarlos de manera que provoquen el menor impacto ambiental posible y obtengamos de ellas el mayor aprovechamiento y valorización. Las deyecciones ganaderas son y deberían ser uno de los elementos más importantes en la fertilización de los cultivos. Su importancia radica tanto en su capacidad de variar beneficiosamente las características físicoquímicas del suelo, como en su capacidad de aportar fitonutrientes imprescindibles para la producción agrícola. El proyecto que aquí se presenta pretende utilizar Internet para mejorar, en la medida de lo posible, algo en que, sin duda, existe un consenso mundial sobre la necesidad de mejoras permanentes: el medio ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a José Luis Cortina y a Antonio Yáñez el interés que han mostrado por el proyecto y las facilidades aportadas para poder disponer de sus datos.

## BIBLIOGRAFIA

Antoni Yáñez Lesca y José Luis Cortina Payas. *Gestión y tratamiento de deyecciones ganaderas en la comarca del Somontano de Barbastro (Huesca)*. Proyecto Final de Carrera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. 2001

### J2EE

Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE) <http://java.sun.com/j2ee/index.jsp>

Asignatura de Integración de Sistemas de la Universidad Da Coruña

<http://www.tic.udc.es/~fbellas/teaching/is/index.html>

Core Patterns J2EE. Best Practices and Design Strategies.

<http://www.corej2eepatterns.com/index.htm>

### Sistemas Expertos

Asignatura de Técnicas y Metodología de Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de Barcelona. <http://www-assig.fib.upc.es/~tmia/tmia.html>

Miquel Sànchez-Marrè, Lluís Belanche y Ulises Cortés. Un sistema basado en el conocimiento para la diagnosis en plantas de tratamiento de aguas residuales.

<http://www-lsi.upc.es/~webia/KEMLG/bib/articles/sanchez/iberam92/iberamia92.html>

Entorno para construir Sistemas Expertos. <http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>

Motor de inferencia para la plataforma Java. <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>

## CORRESPONDENCIA

Emilio Hernández

Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona

Av. Diagonal 647 08028

Tel. 93 401 16 10

[ehernandez@ija.csic.es](mailto:ehernandez@ija.csic.es)